第45卷 第6期
2022年11月
干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY
Vol. 45 No. 6
Nov. 2022

# 中国资源型城市生态系统服务价值评价
## ——基于Meta模型视角

颉茂华， 孙佳文， 刘铁鑫
（内蒙古大学经济管理学院，内蒙古 呼和浩特 010000）

**摘 要**：资源型城市是基础能源和重要原材料的供应地，但由于资源衰减和缺乏统筹规划等原因，这些城市面临经济结构失衡、生态环境破坏严重等较大压力。因此，将资源型城市自然环境经济价值进行成本效益分析，对于改善资源型城市的人居环境，解决生态环境问题具有一定的指导意义。应用Meta模型，以城市居民户均支付意愿为视角，对资源型城市生态系统服务价值进行评价，并运用价值转移函数对公园价值进行评估。结果表明：(1) 以生态系统服务特征变量得到的价值较高，对资源型城市生态系统服务具有显著影响。(2) 除森林外，其他自然类型特征变量的环境资源得到的生态系统服务价值较低。(3) 城市居民收入越高支付能力越强，在支付工具的选择上，人们更倾向于利用捐款和入门费的方式进行支付。(4) 公园生态系统服务价值在1790.26×10⁴~31016.00×10⁴元，并且按照东部、中部、西部次序排列。根据研究结论，提出进一步增加资源型城市的森林面积，强化生态效益产出，提升生态系统服务功能，提高居民可支配收入，增加捐赠和入门费等自愿性支付工具使用，以此不断提高城市生态系统服务价值。

**关 键 词**：资源型城市；生态系统服务；价值转移；陈述偏好法；Meta分析
**文章编号**：1000－6060(2022)06－1949－09(1949～1957)

资源型城市可持续发展对于我国能源安全、经济结构转型、建设资源节约型和环境友好型社会具有重要意义[1]。但是，长期依赖要素驱动的经济增长方式也带来了不少环境问题，空气污染、气候变化等已经成为制约资源型城市可持续发展的关键因素。为此，对资源型城市生态系统服务效益量化引起众多学者关注，生态系统服务价值的准确评估，关乎区域的生态安全和经济发展[2]，已逐渐成为生态经济学、环境伦理学、人类可持续发展等领域的研究热点。但从经济学角度来讲，城市生态系统服务属于公共物品，具有极强的外部性，在现有的条件下，其价值缺乏相关市场难以评估，导致在没有政策干预的情况下可能出现供应不足的情况[3]。因此，如何对城市的生态服务价值评估还需要在理论界和实务界进一步探讨。

对于生态系统服务价值的评估，尤其是非使用价值的评估，由于不存在市场，并缺少真实数据，无法根据功能进行标价，因此意愿调查法成为非市场物品经济价值评估的一种重要方法，尤其是陈述偏好法，不仅有助于理解公众偏好，还能测算相关服务的经济价值。陈述偏好法包括条件价值评估和选择实验，通过模拟虚拟市场揭示消费者对资源环境等公共物品和服务的偏好，已经被广泛应用景区、城市绿地、旅游资源、生物多样性、生态环境等领域的非市场经济价值评估中[4-8]。但当对于特定区域进行详细的生态系统价值评估不可行时，价值转移法更为可靠，也被称为效益转移法。通过计量经济学的方法，将已有区域生态系统服务价值转移到待研究区域，从而得到待研究区域价值。效益转移法中最有前景的方法是Meta分析[9]，Meta分析是一种通过多个相互独立进行系统的定量和综合分析评价的研究方法，能够提高各种生态系统服务价

**收稿日期**：2022-03-02； **修订日期**：2022-05-03
**基金项目**：国家自然科学基金(71840017)；内蒙古社科规划项目(2020NDA001)；内蒙古统计科学研究项目(TJXHKT202011)资助
**作者简介**：颉茂华(1962-)，男，博士，教授，主要从事资源与环境价值管理方面的研究. E-mail: nmgxiemaohua@sina.com
**通讯作者**：孙佳文(1993-)，男，博士研究生，主要从事区域经济、资源与环境经济等方面的研究. E-mail: a1085617851@163.com

值的估计及其在效益转移中的有效性理解[10-11]。众多学者利用Meta分析方法对濒危物种、空气污染、游憩、森林、湿地、河流、水资源、农业用地等特定的生态系统服务价值进行评估[12-23]。具体到城市生态系统服务价值评估，Fausold等[24]最早对城市生态系统服务的相关文献进行了描述性概括，也是对城市生态系统服务评估最早的Meta分析。随后，Brander等[25]基于条件价值法和特征价值法的相关文献对城市生态系统服务价值及影响因素进行Meta分析，研究表明人口密度与城市生态系统服务价值正相关，城市公园比其他自然类型更加受到人们青睐。Bockarjova等[26]在最新的数据库中加入了更多的城市自然和生态系统服务类型，并且加入了离散选择实验，得到了更加准确自然环境经济价值，并描述了全球城市自然环境价值变化和欧洲城市自然环境价值差异。

总结以往的文献可知，现有的研究在评估城市生态系统服务价值及其影响因素中提供了大量的参考，但仍存在以下不足：(1) 研究对象较少聚焦于生态环境脆弱和经济转型升级困难的资源型城市，资源型城市中的资源型产业整体生产效率低下、技术水平落后、资源保护意识匮乏[27]，会进一步加大资源过度消耗和破坏。(2) 目前关于生态系统服务价值评估，国内学者的研究更多地集中于单一自然类型，并且已有研究关于研究对象和方法特征等因素得到的结论并不一致。(3) 关于城市生态系统服务价值评估方法仍然以陈述偏好法为主，但其由于假想性特征引起的一系列偏差，一直是应用研究中面临的核心问题[28]，并且容易造成策略性偏差、支付方式偏差和抵制性偏差。因此，本文以资源型城市为研究对象，采用Meta分析法，加入多种自然类型，分析资源型城市生态系统服务价值的影响因素，探讨Meta分析价值转移法在我国城市生态系统服务价值评估中可应用性及发展前景，为判断环境政策是否具备可行性以及生态保护、自然资产核算、生态补偿提供决策依据，为促进自然资源环境利用、保护和管理方面的行动提供指导。

## 1 研究区概况

资源型城市是以本地区矿产、森林等自然资源开采、加工为主导的城市类型，是基础能源和原材料的重要供应基地。根据《全国资源型城市可持续发展规划(2013—2020年)》划分，共有262个资源型城市，其中地级行政区(包括地级市、地区、自治州、盟等)126个，占全国地级行政区总数1/3以上，县级市62个，县(包括自治县、林区等)58个，市辖区(开发区、管理区)16个，并将其划分为成长型、成熟型、衰退型和可再生型。本文以此《规划》为基础，建立资源型城市生态系统服务价值数据库。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源与处理

**2.1.1 *文献检索和数据库建立*** Meta分析的第一步是提供有效且可比的现有生态系统服务价值评估数据。本文研究收集的文献聚焦于条件价值评估法和选择实验法，2020年9月15日通过中国知网(CNKI)数据库，采用多种关键词进行检索："支付意愿""条件价值评估法""选择实验法"，再结合资源型城市名称。初步检索到160篇文献，基于4个标准选取文献：(1) 相关文献可以评估城市生态系统服务价值；(2) 研究方法为条件价值评估法或选择实验法；(3) 研究区域为资源型城市；(4) 文献中包含Meta分析所需要的解释变量。经过文献筛选，纳入Meta分析的文献共有29篇，其中期刊文献19篇，硕士论文10篇，包含19个地区93个样本观察值，居民支付意愿样本12223个，通过选中的29篇文献建立Meta分析价值转移数据库。

**2.1.2 *变量编码*** Meta分析中被解释变量选择受访者每年户均支付意愿。在城市生态系统服务价值评估文献中，部分问卷调查结果的支付意愿为每年人均，为了能将不同结果相互比较，首先利用消费者价格指数(CPI)将不同年份价格调整为2018年可比价格，其次将每年人均支付意愿金额乘以所在城市人数，最后将总支付意愿金额除以户数，得到每年户均支付意愿金额，上述数据均来源于《中国城市统计年鉴2019》。Meta分析的解释变量包括研究对象和方法特征、自然类型特征、生态系统服务类型特征，结合陈述偏好法在城市生态系统服务价值评估中的各个环节，将解释变量进一步细化。

(1) 研究对象和方法特征

具体包括经济社会变量、支付工具、研究方法。经济社会变量包括受访者的收入水平，受访者的收入水平与支付意愿关系密切，但这些数据不易获得，选择资源型城市人均地区生产总值来代替。

社会变量包括研究区域面积，资源型城市面积从已有的研究中获得，当数据缺失时从公共网站获得。其他的解释变量包括支付工具和测度方法，支付工具包括税收、捐款、入门费和其他支付形式，分别进行虚拟变量编码，其中设定其他支付形式为参照组。测度方法中，包括条件价值评估法和选择实验法，其中条件价值评估法包括支付卡式、二分式和开放式，选择二分式、开放式和选择实验3个虚拟变量进行编码，将支付卡式设定为参照组。

（2）自然类型特征

根据城市自然类型和开放空间特征，城市自然环境类型的原有分类被扩展，新的自然类型包括森林、公园、湖泊、湿地以及其他自然类型等，然后对每一种自然类型进行编码，其中其他自然类型设定为参照组。

（3）生态系统服务类型特征

根据千年价值评估的分类方法，生态系统服务被划分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务，但是这种分类体系也遭受到了很多质疑。考虑到资源型城市生态系统的特殊性，本研究的生态系统服务包括供给服务、气候调节服务、生物多样性和娱乐服务。在研究样本中，通过特定描述和研究背景对生态服务类型进行提取，分别进行虚拟变量编码。上述变量的基本特征和编码情况如表1所示。

### 2.2 研究方法

**2.2.1 Meta回归模型构建**　应用Meta模型，分析资源型城市生态系统服务价值的影响因素。Meta分析在评估城市生态系统服务价值中通常有3个作用：（1）综合评估某一特定类型生态系统服务价值；（2）评估影响生态系统服务价值的变化因素；（3）使用构建的Meta回归模型预测生态系统服务价值。为更好描述因变量和自变量之间的关系，模型中所有连续变量均进行对数转换。Meta回归模型如下：

$$\ln(y_i)=\alpha+\beta_s X_{si}+\beta_t X_{ti}+\beta_e X_{ei}+\varepsilon_i \quad (1)$$

式中：$\ln(y_i)$为居民支付意愿的对数形式，以居民对城市生态系统服务价值户均支付意愿表示；$i$为样本观察值，范围为1~93。基于研究对象和方法特征、城市自然类型特征、生态系统服务类型特征，模型中使用的变量被分组为不同的矩阵。$X_{si}$为研究对象和方法特征，包括人均地区生产总值、城市面

表1　变量编码与描述性统计

Tab. 1　Variable coding and descriptive statistics

| 变量名称 | 变量特征 | 变量 | 解释 | 均值 | 标准差 |
|---|---|---|---|---|---|
| 被解释变量 | 价值特征 | 生态系统服务价值 | 户均支付意愿/元·a$^{-1}$ | 5.42 | 0.490 |
| 解释变量 | 研究对象和方法 | 人均地区生产总值 | 人均地区生产总值/元 | 10.87 | 0.278 |
| | | 面积 | 自然面积大小/hm$^2$ | 10.65 | 1.566 |
| | | 税收 | 支付工具是否为税收：是=1，否=0 | 0.16 | 0.210 |
| | | 捐款 | 支付工具是否为捐款：是=1，否=0 | 0.29 | 0.261 |
| | | 入门费 | 支付工具是否为入门费：是=1，否=0 | 0.31 | 0.265 |
| | | 其他方式 | 参照组 | 0.52 | 0.286 |
| | | 选择实验 | 研究方法是否为选择实验：是=1，否=0 | 0.07 | 0.143 |
| | | 二分式条件价值评估 | 研究方法是否为二分式条件价值评估：是=1，否=0 | 0.08 | 0.158 |
| | | 开放式条件价值评估 | 研究方法是否为开放式条件价值评估：是=1，否=0 | 0.13 | 0.194 |
| | | 支付卡式条件价值评估 | 参照组 | 0.70 | 0.262 |
| | 自然类型 | 森林 | 城市自然类型是否为森林：是=1，否=0 | 0.07 | 0.142 |
| | | 公园 | 城市自然类型是否为公园：是=1，否=0 | 0.20 | 0.229 |
| | | 湖泊 | 城市自然类型是否为湖泊：是=1，否=0 | 0.19 | 0.223 |
| | | 湿地 | 城市自然类型是否为湿地：是=1，否=0 | 0.13 | 0.191 |
| | | 其他自然类型 | 参照组 | 0.42 | 0.283 |
| | 生态系统服务类型 | 供给 | 生态系统服务是否包括供给服务：是=1，否=0 | 0.72 | 0.258 |
| | | 气候调节 | 生态系统服务是否包括调节服务：是=1，否=0 | 0.64 | 0.275 |
| | | 生物多样性 | 生态系统服务是否包括生物多样性服务：是=1，否=0 | 0.59 | 0.282 |

积、支付工具和测度方法；$X_{ti}$ 为城市自然类型特征，包括城市森林、公园、湖泊、湿地和其他自然类型；$X_{ei}$ 为城市生态系统服务类型特征，包括供给、调节、生物多样性和娱乐服务；$\beta_s$、$\beta_t$、$\beta_e$ 分别为解释变量的系数向量；s、t、e 为矩阵类型；$\alpha$ 为常数向量；$\varepsilon_i$ 为残差项。由于Meta回归数据库中可能存在单个研究内评估差异值变动不足的情况，利用加权最小二乘法可以有效避免可能存在的有偏估计。因此采用加权最小二乘法进行估计，利用样本量平方根的倒数作为权重。

**2.2.2 Meta回归模型有效性检验** 利用Meta回归进行效益转移时，需要对该方法进行有效性检验，即检验Meta回归得到的预测值和实证研究过程中得到的观察值之间的一致性。效益转移的精确程度通常由样本外效益转移误差（TE）来决定，TE值越小表示效益转移的有效性越好，计算公式如下：

$$TE = \left| \frac{V_{obs} - V_{est}}{V_{obs}} \right| \times 100\% \qquad (2)$$

式中：$V_{obs}$ 为实证研究中得到的观察值；$V_{est}$ 为Meta回归中得到的预测值。对于TE，目前尚未存在明确的定论，一般认为TE均值在20%~40%范围内均可以被接受。利用配对 $T$ 检验，分析效益转移值与样本值是否显著不同，如果 $T$ 检验的 $P$ 值大于显著性水平，则接受原假设，说明Meta回归具有统计学意义。进行单样本 $K$-$S$ 检验，有效性检验要求单样本 $K$-$S$ 检验真实值和预测值的总体分布和正态分布无显著性差异。

## 3 结果与分析

### 3.1 Meta回归结果

Meta回归结果如表2所示。模型1是一个基本模型，其中包括研究对象和方法特征变量、自然类型特征变量。模型2通过扩展模型1，加入了生态系统服务类型特征变量。模型1和模型2的决定系数（$R^2$）分别为0.520和0.619，并且系数大小和方向基本一致，$F$ 统计量通过了检验，表明模型拟合良好。以下主要根据模型2进行变量的解释以及后续效益估计。

在研究对象特征中，人均地区生产总值对生态系统服务价值具有显著的正向影响，人均地区生产总值每增加1%，城市居民户均支付意愿增加0.705%，城市居民收入越高对于生态系统服务价值支付意愿越高，表明城市生态系统服务是一个正常的商品，这符合常理并且与已有研究结论一致[29]。城市面积系数为负，表明较大规模城市与较小规模城市相比，城市自然面积边际递减，但城市面积参数并不具有统计学意义。在研究受访者支付工具时，发现通过税收支付作为支付工具获得的城市生态系统服务价值，与其他支付机制（入门费、捐款）获得的价值相比，被系统性低估，通过税收方式支付，城市居民户均支付意愿将减少1.435%，而通过捐款和入门费的方式，户均支付意愿分别增加0.789%和0.728%。在测度方法中，与支付卡式相比，选择实验方法得到的支付意愿更低，当测度方法为选择实验时，居民户均支付意愿降低1.48%，可能的原因在于选择实验方法是较为前沿的测度方法，而支付卡方式可能更加成熟，所以测度的价值更加接近真实值。在城市自然类型中，当城市自然类型为湿地时，居民户均支付意愿降低0.878%，并且在1%的水平上显著，表明湿地并不是居民愿意支付的自然类型，而森林的系数为正，居民更愿意对森林这种自然类型进行支付，但统计学上并不显著。在生态系统服务特征中，当生态系统服务为供给时，居民户均支付意愿提高0.483%，原因在于供给服务能够为居民提供更多的真实价值，如森林能够直接提供木材等。

### 3.2 有效性检验结果

通过TE计算公式对Meta回归模型进行有效性检验，可得TE范围为0.48%~38.68%，均值8.26%，误差在可接受范围内，所构建的Meta分析价值模型进行价值转移具有很好的意义，因此可用于样本外效益转移分析。从配对 $T$ 检验的结果上看，$T$ 值为−0.427，$P = 0.713 > 0.050$，不能拒绝原假设，说明在95%的置信区间内，预测值和真实值在统计结果上没有显著不同。从单样本 $K$-$S$ 检验结果看，预测值和真实值都大于0.05的显著性水平，说明真实值和预测值的分布相同，均服从正态分布。

### 3.3 价值转移函数应用

利用表2中Meta回归分析的结果，可以评估资源型城市生态系统服务价值。价值转移函数可以直接应用于特定的自然类型，为便于比较，并考虑到数据的可得性，利用城市公园生态系统服务价值表示资源型城市生态系统服务价值。在价值转移

表2　Meta回归结果

Tab. 2　Meta regression results

| 特征变量 | 变量 | 模型1 | | 模型2 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 非标准化系数 | 标准误 | 非标准化系数 | 标准误 |
| | 常数项 | -0.984 | 1.964 | -2.058 | 1.953 |
| 研究对象和方法 | 人均地区生产总值 | 0.597*** | 0.177 | 0.705*** | 0.187 |
| | 面积 | -0.003 | 0.032 | -0.063 | 0.041 |
| | 税收 | -1.216*** | 0.331 | -1.435*** | 0.378 |
| | 捐款 | 1.068*** | 0.243 | 0.789*** | 0.258 |
| | 入门费 | 0.303 | 0.230 | 0.728*** | 0.254 |
| | 选择实验 | -1.278** | 0.344 | -1.477*** | 0.395 |
| | 二分式条件价值评估 | 0.121 | 0.260 | -0.156 | 0.251 |
| | 开放式条件价值评估 | 0.122 | 0.240 | 0.330 | 0.274 |
| 自然类型 | 森林 | 0.133 | 0.311 | 0.050 | 0.360 |
| | 公园 | -0.077 | 0.230 | -0.177 | 0.268 |
| | 湖泊 | -0.558** | 0.271 | -0.413 | 0.354 |
| | 湿地 | -0.673*** | 0.243 | -0.878*** | 0.290 |
| 生态系统服务 | 供给 | - | - | 0.483** | 0.240 |
| | 气候调节 | - | - | 0.360 | 0.384 |
| | 生物多样性 | - | - | 0.090 | 0.393 |
| | 娱乐 | - | - | -0.142 | 0.238 |
| | $F$统计量 | 7.028 | | 7.715 | |
| | $R^2$ | 0.520 | | 0.619 | |
| | 样本量 | 93 | | 93 | |

注：$R^2$为决定系数。**、***分别表示在5%、1%水平上显著。

函数应用中，由于支付工具和研究方法无法确定，因此按照其均值进行计算。计算出的支付意愿乘以所在城市户数，得到户均支付意愿，乘以公园面积，得到公园生态系统服务价值。结果如表3所示，城市公园户均支付意愿在41.31~211.98元之间，均值为87.68元，公园价值在1790.26×10⁴~31016.00×10⁴元的范围内，均值为9726.44×10⁴元。进一步分析，可以看到不同城市公园价值存在明显的空间差异，将资源型城市按照东、中、西部进行划分。从支付意愿上看，东、中、西部户均支付意愿依次为99.27元、84.44元和84.22元，进一步支撑了前文研究结论，即收入越高的地区对于城市生态系统服务价值支付意愿越高。从公园价值来看，与支付意愿排列一致，东、中、西部公园价值分别为13533.14×10⁴元、9225.09×10⁴元、7878.779×10⁴元。

## 4　讨论

资源型城市人均地区生产总值对城市生态系统服务具有显著的正向影响，这符合常理，并与Brander等[25]和Bockarjova等[26]的研究保持一致，因此想要提高资源型城市生态系统服务价值，提高城市居民收入是关键所在。当支付方式为税收时，居民的支付意愿显著下降，生态系统服务价值降低，可能表明通过约束性支付工具进行支付比通过自愿支付工具更不容易出现假设偏差[30]，人们不喜欢通过增税对城市生态系统服务价值进行支付，居民更加愿意通过捐款和入门费的方式进行支付，因此在提高城市生态系统服务价值过程中，政府部门应该减少税收政策的使用。在城市的自然类型中，当自然类型是湿地时，系数显著为负，可能的原因在于湿地具有典型的公共物品特征，并且湿地提供更多的是生态系统多样性和气候调节的功能，人们认为湿地的生态系统服务价值更多应该由政府部门来实现。而森林的系数为正，表明森林的生态系统服务价值更高，森林的价值体现在不仅能够为人们的生产和生活提供原材料，而且还具有重大的防护价值，因此居民对森林支付意愿更高。在生态系统服务特征中，相比于其他服务，当自然类型中为供

表3 资源型城市公园价值估计

Tab. 3 Value estimation of resource-based urban parks /10⁴元

| 城市 | 价值 | 城市 | 价值 | 城市 | 价值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 张家口市 | 13028.86 | 徐州市 | 31016.00 | 娄底市 | 12219.50 |
| 承德市 | 10664.24 | 宿迁市 | 14125.03 | 韶关市 | 8558.93 |
| 唐山市 | 27756.72 | 湖州市 | 11139.82 | 云浮市 | 5391.74 |
| 邢台市 | 14280.41 | 宿州市 | 11746.10 | 百色市 | 7582.88 |
| 邯郸市 | 17456.79 | 淮北市 | 5633.75 | 河池市 | 6560.18 |
| 大同市 | 8623.26 | 亳州市 | 9623.60 | 贺州市 | 4120.47 |
| 朔州市 | 6922.55 | 淮南市 | 7763.92 | 广元市 | 7184.68 |
| 阳泉市 | 4893.89 | 滁州市 | 11341.68 | 南充市 | 15940.45 |
| 长治市 | 10147.25 | 马鞍山市 | 9132.47 | 广安市 | 11329.60 |
| 晋城市 | 8279.61 | 铜陵市 | 6319.27 | 自贡市 | 9126.56 |
| 忻州市 | 8700.99 | 池州市 | 4502.32 | 泸州市 | 11040.11 |
| 晋中市 | 10236.36 | 宣城市 | 8973.09 | 攀枝花市 | 5117.50 |
| 临汾市 | 10015.16 | 南平市 | 10479.48 | 达州市 | 14344.37 |
| 运城市 | 10209.73 | 三明市 | 11108.14 | 雅安市 | 4692.12 |
| 吕梁市 | 10904.52 | 龙岩市 | 13334.64 | 六盘水市 | 9930.51 |
| 包头市 | 12168.97 | 景德镇市 | 4810.37 | 安顺市 | 6245.52 |
| 乌海市 | 2197.08 | 新余市 | 5297.72 | 毕节市 | 13645.97 |
| 赤峰市 | 12751.16 | 萍乡市 | 5596.54 | 曲靖市 | 13428.47 |
| 呼伦贝尔市 | 9904.62 | 赣州市 | 16878.74 | 保山市 | 4891.24 |
| 鄂尔多斯市 | 14312.04 | 宜春市 | 13970.65 | 昭通市 | 7766.40 |
| 阜新市 | 3638.96 | 东营市 | 14626.29 | 丽江市 | 2466.35 |
| 抚顺市 | 7214.42 | 淄博市 | 21147.94 | 普洱市 | 4783.39 |
| 本溪市 | 4814.68 | 临沂市 | 27643.13 | 临沧市 | 4812.17 |
| 鞍山市 | 10068.47 | 枣庄市 | 11963.06 | 延安市 | 9803.70 |
| 盘锦市 | 5876.40 | 济宁市 | 25320.11 | 铜川市 | 2184.98 |
| 葫芦岛市 | 6413.92 | 泰安市 | 19563.74 | 渭南市 | 11408.89 |
| 松原市 | 9409.33 | 莱芜市 | 5229.65 | 咸阳市 | 12944.18 |
| 吉林市 | 13964.28 | 三门峡市 | 8100.99 | 宝鸡市 | 11333.89 |
| 辽源市 | 4271.01 | 洛阳市 | 22072.62 | 榆林市 | 21117.75 |
| 通化市 | 6380.81 | 焦作市 | 10673.86 | 金昌市 | 1790.26 |
| 白山市 | 5925.13 | 鹤壁市 | 4560.03 | 白银市 | 3579.07 |
| 黑河市 | 5038.26 | 濮阳市 | 9877.69 | 武威市 | 3540.61 |
| 大庆市 | 14514.06 | 平顶山市 | 12363.72 | 张掖市 | 2953.25 |
| 伊春市 | 2787.86 | 南阳市 | 24311.68 | 庆阳市 | 5687.41 |
| 鹤岗市 | 2765.79 | 鄂州市 | 5412.43 | 平凉市 | 3189.09 |
| 双鸭山市 | 4622.71 | 黄石市 | 8082.38 | 陇南市 | 3520.03 |
| 七台河市 | 2388.39 | 衡阳市 | 18399.96 | 石嘴山市 | 3343.04 |
| 鸡西市 | 4834.32 | 郴州市 | 15633.93 | 克拉玛依市 | 2412.51 |
| 牡丹江市 | 9064.62 | 邵阳市 | 13055.45 | | |

给服务时，得到的生态系统服务价值更高，与颜俨等[21]的研究结果一致，其他服务特征并不显著，可能的原因在于供给服务提供更多的是食物、水等生活必需品。当前阶段，由于大部分资源型城市经济发展较为落后，公众对最基本的食物和能源等物质供给需求最大，而较少关注其他方面的生态系统服务。在价值函数转移应用中，公园价值与居民户均支付意愿排列一致，东部地区最高，西部地区最低，表明收入水平越高的地区生态系统服务价值越高，进一步印证了本文的研究结论。Meta回归模型平

均误差在8.26%，已低于大多数的Meta研究[31]，表明通过Meta回归模型对资源型城市生态系统服务价值评估具有实用性，为价值评估提供了低成本的政策工具。

## 5　结论与建议

### 5.1　结论

（1）以生态系统服务类型特征变量得到的价值较高，供给、气候调节和生物多样性对生态系统服务价值具有正向影响，当生态系统服务为供给时，居民户均支付意愿提高0.483%，娱乐服务对生态系统服务价值影响为负，但并不显著。

（2）以自然类型特征变量得到的生态系统服务价值较低，除森林外，其他自然类型对生态系统服务价值具有负向影响，并且当自然类型是湿地时，生态系统服务价值显著降低。

（3）资源型城市居民收入水平越高，对城市生态系统服务支付意愿越强，得到的生态系统服务价值越高。在支付工具中，相比于税收，捐款和入门费的支付方式能够获得更高的价值。当测度方式是选择实验时，得到的生态系统服务价值较低。

（4）应用价值转移函数对资源型城市公园生态系统服务价值进行评估，得到公园价值在1790.26×$10^4$~31016.00×$10^4$元的范围内，均值为9726.44×$10^4$元，公园估计值最高的是东部地区，其次是中部地区，最低的是西部地区，居民收入越高的地区公园生态系统服务价值越高。

### 5.2　建议

城市自然环境是人类赖以生存的基础，资源型城市以资源依赖型的经济发展模式为主要特征，高污染、高能耗的产业对城市环境造成了极大破坏。为不断改善城市环境，需要对城市生态系统服务价值进行评估，并且将价值纳入市场，以此引导和鼓励对生态环境投资和保护的行为，从而对生态环境形成必要的补偿。根据研究结论，提出要进一步提高资源型城市森林覆盖率，切实做好各类资源保护、开发、利用，强化生态效益产出，完善产权制度和生态补偿制度，提高生态系统服务功能，特别是供给、调节和生物多样性功能。提升资源型城市发展水平，提高城市居民收入。在选择支付工具时，谨慎考察效益评估结果对样本的敏感性，增加捐款和入门费等自愿性支付工具使用，以此提高城市生态系统服务价值。

## 参考文献（References）

[1]　徐君, 李贵芳, 王育红. 国内外资源型城市脆弱性研究综述与展望[J]. 资源科学, 2015, 37(6): 1266-1278. [Xu Ju, Li Guifang, Wang Yuhong. Review and prospect of resource-based city vulnerability in China and abroad[J]. Resources Science, 2015, 37(6): 1266-1278. ]

[2]　王波, 杨太保. 1980—2018年银川市生态系统服务价值评价及驱动力分析[J]. 干旱区地理, 2021, 44(2): 552-564. [Wang Bo, Yang Taibao. Value evaluation and driving force analysis of ecosystem services in Yinchuan City from 1980 to 2018[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(2): 552-564. ]

[3]　Kotchen M J, Powers S M. Explaining the appearance and success of voter referenda for open-space conservation[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2006, 52(1): 373-390.

[4]　丁振民, 黄秀娟, 朱佳佳. CVM评价森林景区游憩价值的理论效度——以福州国家森林公园为例[J]. 林业科学, 2018, 54(8): 133-141. [Ding Zhenmin, Huang Xiujuan, Zhu Jiajia. Theoretical validity of CVM on assessment of the recreation value in forest scenic areas: A case study of Fuzhou National Forest Park[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2018, 54(8): 133-141. ]

[5]　黄和平, 王智鹏, 林文凯. 风景名胜区旅游资源价值损害评估——以三清山巨蟒峰为例[J]. 旅游学刊, 2020, 35(9): 26-40. [Huang Heping, Wang Zhipeng, Lin Wenkai. Ecological damage assessment of tourism resources in scenic spots: A case study of the Python Peak in Mount Sanqingshan[J]. Tourism Tribune, 2020, 35(9): 26-40. ]

[6]　刘雅轩, 白亚娟, 马远. 基于支付意愿的干旱区绿洲城市居住区绿地愉悦价值研究[J]. 干旱区地理, 2020, 43(4): 1088-1097. [Liu Yaxuan, Bai Yajuan, Ma Yuan. Pleasant value of residential green space of oasis city in arid land based on WTP[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(4): 1088-1097. ]

[7]　国常宁, 杨建州. 基于双边界二分式CVM法的森林生物多样性生态价值评估[J]. 统计与决策, 2019, 35(24): 24-28. [Guo Changning, Yang Jianzhou. Evaluation on ecological value of forest biodiversity resource based on double-bounded contingent valuation methods[J]. Statistics and Decision, 2019, 35(24): 24-28. ]

[8]　王育宝, 陆扬. 陕北油气矿区居民土地流转与生态环境受偿意愿研究[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(5): 42-46. [Wang Yubao, Lu Yang. Research on residents' willingness to accept land transfer and eco-environmental compensation in oil and gas fields in northern Shaanxi area[J]. Journal of Arid Land Resource and Environment, 2019, 33(5): 42-46. ]

[9]　Chaikumbung M, Doucouliagos H, Scarborough H. The economic value of wetlands in developing countries: A meta-regression analysis[J]. Ecological Economics, 2016, 124: 164-174.

[10] Smith V K, Pattanayak S K. Is meta-analysis a Noah's Ark for non-market valuation?[J]. Environmental and Resource Economics, 2002, 22(1): 271-296.

[11] Bateman I J, Jones A P. Contrasting conventional with multi-level modeling approaches to meta-analysis: Expectation consistency in U.K. woodland recreation values[J]. Land Economics, 2003, 79(2): 235-258.

[12] Loomis J D, White D S. Economic benefits of rare and endangered species: Summary and meta-analysis[J]. Ecological Economics, 1996, 18(3): 197-206.

[13] 张小芳, 何瀚东, 王子杰, 等. 城市住宅室内空气污染物时空特征分析[J]. 环境工程, 2020, 38(1): 65-74. [Zhang Xiaofang, He Handong, Wang Zijie, et al. Temporal and spatial characteristics of indoor air pollutants in urban residential buildings[J]. Environmental Engineering, 2020, 38(1): 65-74. ]

[14] 赵玲, 王尔大. 基于价值转移方法的我国游憩活动价值评价[J]. 旅游科学, 2013, 27(4): 47-60. [Zhao Ling, Wang Erda. A study on valuing assessment of China's recreation activities: A benefit transfer approach[J]. Tourism Science, 2013, 27(4): 47-60. ]

[15] Lindhjem H. 20 years of stated preference valuation of non-timber benefits from Fennoscandian forests: A meta-analysis[J]. Journal of Forest Economics, 2007, 12(4): 251-277.

[16] Barrio M, Loureiro M L. A meta-analysis of contingent valuation forest studies[J]. Ecological Economics, 2010, 69(5): 1023-1030.

[17] 漆信贤, 黄贤金, 赖力. 基于Meta分析的中国森林生态系统生态服务功能价值转移研究[J]. 地理科学, 2018, 38(4): 522-530. [Qi Xinxian, Huang Xianjin, Lai Li. An empirical study of meta-analytical value transfer of forest ecosystem services in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(4): 522-530. ]

[18] 赵正, 韩锋, 侯一蕾. 基于Meta回归方法的中国城市森林生态系统服务功能价值再评估[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(1): 64-75. [Zhao Zheng, Han Feng, Hou Yilei. Revaluation of urban forest ecosystem services function in China: Based on meta-regression analysis[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(1): 64-75. ]

[19] 杨玲, 孔范龙, 郗敏, 等. 基于Meta分析的青岛市湿地生态系统服务价值评估[J]. 生态学杂志, 2017, 36(4): 1038-1046. [Yang Ling, Kong Fanlong, Xi Min, et al. Ecosystem services assessment of wetlands in Qingdao based on meta-analysis[J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(4): 1038-1046. ]

[20] 李庆波, 敖长林, 袁伟, 等. 基于中国湿地CVM研究的Meta分析[J]. 资源科学, 2018, 40(8): 1634-1644. [Li Qingbo, Ao Changlin, Yuan Wei, et al. A meta-analysis of wetland CVM studies in China[J]. Resources Science, 2018, 40(8): 1634-1644. ]

[21] 颜俨, 姚柳杨, 郎亮明, 等. 基于Meta回归方法的中国内陆河流域生态系统服务价值再评估[J]. 地理学报, 2019, 74(5): 1040-1057. [Yan Yan, Yao Liuyang, Lang Liangming, et al. Revaluation of ecosystem services in inland river basins of China: Based on meta-regression analysis[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(5): 1040-1057. ]

[22] 徐晓晔, 黄贤金, 赵涵. 基于Meta分析的中国水资源价值移位研究[J]. 中国环境管理, 2019, 11(4): 46-51. [Xu Xiaoye, Huang Xianjin, Zhao Han. Meta-regression on the benefit transfer of water resources in China[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2019, 11(4): 46-51. ]

[23] 刘晖, 李春波, 韩旭龙, 等. 基于Meta分析的长白山地区土地利用变化与生态系统服务价值转移[J]. 水土保持研究, 2020, 27(4): 293-300. [Liu Hui, Li Chunbo, Han Xulong, et al. Land use change and transfer of ecosystem service value in Changbai Mountains based on meta-analysis[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020, 27(4): 293-300. ]

[24] Fausold C J, Lilieholm R J. The economic value of open space: A review and synthesis[J]. Environmental Management, 1999, 23(3): 307-320.

[25] Brander L M, Koetse M J. The value of urban open space: Meta-analyses of contingent valuation and hedonic pricing results[J]. Journal of Environmental Management, 2011, 92(10): 2763-2773.

[26] Bockarjova M, Botzen W J, Koetse M J. Economic valuation of green and blue nature in cities: A meta-analysis[J]. Ecological Economics, 2020, 169: 106480, doi: org/10.1016/j.ecolecon.2019.106480.

[27] 颉茂华, 施诺, 张婧鑫. 资源型产业地理集聚的时空分化与经济效应[J]. 资源与产业, 2020, 22(5): 19-27. [Xie Maohua, Shi Nuo, Zhang Jingxin. Temporal-spatial differentiation and economic effect of geographic concentration of resource industries[J]. Resources and Industries, 2020, 22(5): 19-27. ]

[28] 全世文. 选择实验方法研究进展[J]. 经济学动态, 2016(1): 127-141. [Quan Shiwen. Progress in the research of selecting experimental methods[J]. Economic Perspectives, 2016(1): 127-141. ]

[29] Brander L M, Florax R J, Vermaat J E. The empirics of wetland valuation: A comprehensive summary and a meta-analysis of the literature[J]. Environmental and Resource Economics, 2006, 33(2): 223-250.

[30] Johnston R J, Besedin E Y, Stapler R. Enhanced geospatial validity for meta-analysis and environmental benefit transfer: An application to water quality improvements[J]. Environmental and Resource Economics, 2017, 68(2): 343-375.

[31] 张玲, 李小娟, 周德民, 等. 基于Meta分析的中国湖沼湿地生态系统服务价值转移研究[J]. 生态学报, 2015, 35(16): 5507-5517. [Zhang Ling, Li Xiaojuan, Zhou Demin, et al. An empirical study of meta-analytical value transfer of lake and marsh ecosystem services in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(16): 5507-5517. ]

# Evaluation of ecosystem service value of resource-based cities in China: Based on the perspective of Meta model

XIE Maohua, SUN Jiawen, LIU Tiexin

(School of Economics and Management, Inner Mongolia University, Hohhot 010000, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** Resource-based cities are sources of basic energy and important raw materials. However, due to the decline of resources and the lack of overall planning, these cities are facing significant pressure, for instance, economic structure imbalance and significant ecological challenges. Therefore, cost-benefit analysis has significant directive meaning for improving the living environment of resource-based cities and solving their ecological problems. By reviewing the relevant literature, collecting results related to the value evaluation of resource-based cities' ecosystem services, and then establishing a value transfer database, a Meta-analysis model is applied to evaluate the ecosystem service value of resource-based cities from the perspective of urban residents' willingness to pay for service per household, evaluate the effectiveness of the model in value transfer outside the sample, and then explore the feasibility of the Meta-analysis method in the field of ecosystem service value evaluation of resource-based cities. The findings are as follows: (1) The value of ecosystem service characteristic variables is high, which has a significant impact on ecosystem services in resource-based cities. (2) In addition to forest resources, the value of ecosystem services obtained from environmental resources with other natural characteristic variables is low. (3) The higher the income of urban residents, the stronger their ability to pay for services. For the choice of payment method, people prefer to use donation or entrance fee. (4) The park ecosystem service value ranges from 17.9026 million yuan to 310.16 million yuan, and it is ranked from high to low in the east, middle, and west China. Based on the above research results, political suggestions are given as follows. First, increase the forest area of the resource-based cities and improve the output of ecological benefits, as well as the property rights system and ecological compensation system. As a result, the service function of the ecosystem is increased. Second, scientifically arrange the layout of urban park green space, and increase the park area of resource-based cities. Finally, increase the disposable income of urban and rural residents, provide multiple voluntary payment methods such as donations and entry fees, to enhance people's willingness to pay and enhance the value of urban ecosystem services.

**Key words:** resource-based cities; ecosystem services; value transfer; stated preference approach; Meta analysis